



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11102895 A**(43) Date of publication of application: **13.04.99**(51) Int. Cl. **H01L 21/3065**(21) Application number: **09284411**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(22) Date of filing: **29.09.97**(72) Inventor: **MATSUKURA YUSUKE**(54) **MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

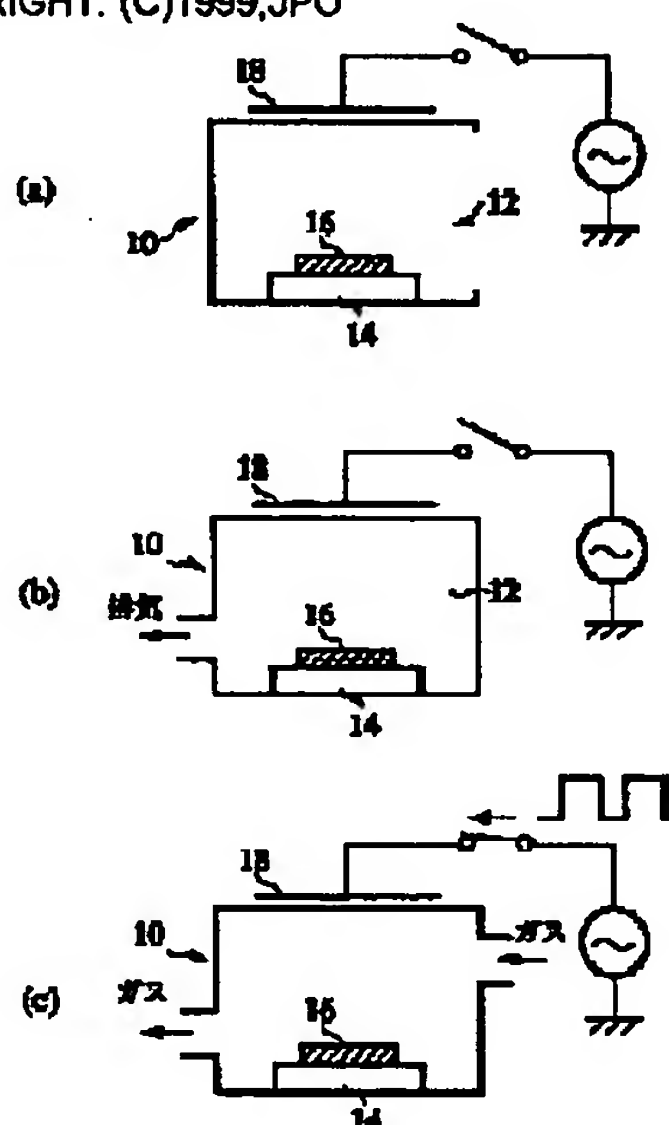
pulse modulated plasma.

(57) **Abstract**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To conduct highly selective etching even at low gas pressure by a method wherein the rise in temperature of the electron in plasma is suppressed, using an etching gas which contains chlorine-containing gas and fluorine-containing gas.

SOLUTION: A compound semiconductor substrate 16 is placed on a holder 14 using an inductively coupled device 10, for example, as a low voltage and high density plasma etching device. Then, an etching chamber 12 is evacuated. Next, SiCl_4 gas and SF_6 gas are introduced into the etching chamber, for example at a flow rate ratio of 1:4 the speed of evacuation of the etching chamber is adjusted, and gas pressure is adjusted to 0.1 Pa. Subsequently, since electricity is discharged by supplying power to accelerate discharge to a pulse-modulated antenna 18, the temperature of electrons drops when an applied voltage is turned off intermittently, and the electron temperature can be suppressed low. A compound semiconductor can be etched with high selectivity even at a low gas pressure, because the compound semiconductor layer is etched, while its temperature rise is being suppressed using



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-102895

(43)公開日 平成11年(1999) 4月13日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

A

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-264411

(22)出願日 平成9年(1997) 9月29日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 松倉 祐輔

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 北野 好人

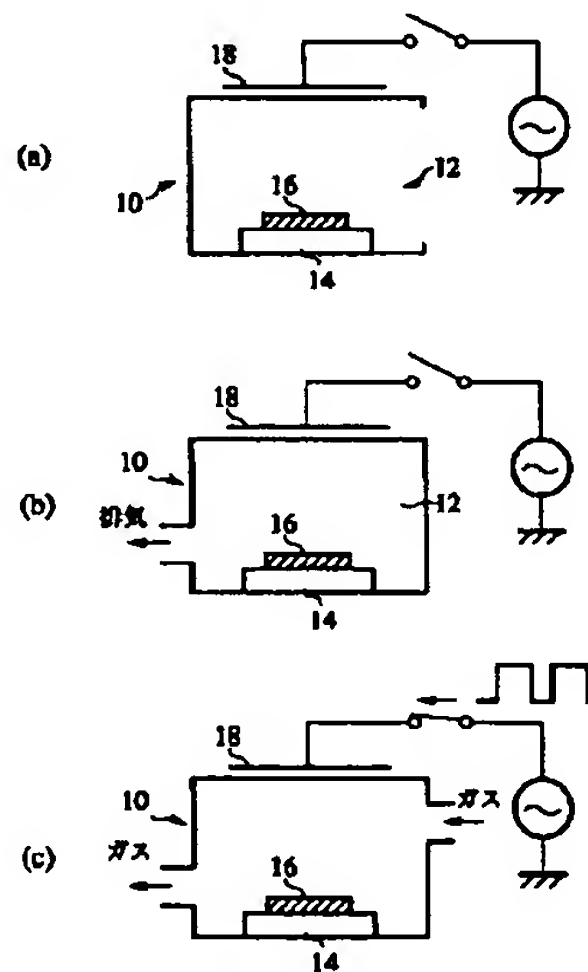
(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【課題】 化合物半導体層をドライエッチングする半導体装置の製造方法に関し、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができる半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 塩素を含むガスとフッ素を含むガスとを含むエッチングガスを用いて化合物半導体層16をエッチングする半導体装置の製造方法であって、プラズマ中の電子温度の上昇を抑えるように制御して化合物半導体層16をエッチングする。

本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程図



10…導電性容器プラズマエッチング装置
12…エッチング室
14…ホルダ
16…化合物半導体基板
18…アンテナ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 塩素を含むガスとフッ素を含むガスとを含むエッチングガスを用いて化合物半導体層をエッチングする半導体装置の製造方法であって、

プラズマ中の電子温度の上昇を抑えるように制御して前記化合物半導体層をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 請求項1記載の半導体装置の製造方法において、

パルス変調方式によりプラズマに電力を供給し、電子温度の上昇を抑えるように前記化合物半導体層をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項3】 請求項1記載の半導体装置の製造方法において、

UHFプラズマ方式によりプラズマに電力を供給し、電子温度の上昇を抑えるように前記化合物半導体層をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、

エッチングガスの圧力を1Pa以下に設定して前記化合物半導体層をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記塩素を含むガスは、 Cl_2 ガス、 SiCl_4 ガス、又は BCl_3 ガスであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記フッ素を含むガスは、 SF_6 ガス又は CF_4 ガスであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法に係り、特に化合物半導体層をドライエッチングする半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】化合物半導体素子、特に高電子移動度トランジスタ等の電界効果トランジスタでは、特にリセスエッチングにおけるエッチング精度が電界効果トランジスタの動作特性に大きな影響を与える。高電子移動度トランジスタ等の電界効果トランジスタの製造においては、GaAs基板上に、チャネルとなるAlGaAs層を形成し、AlGaAs層上に、ソース/ドレイン電極となる高濃度に不純物を導入したGaAs層を形成する。そして、この後、ゲート電極と同じ形状又はゲート電極より若干大きい形状に開口したマスクを用いてGaAs層をエッチングしてAlGaAs層表面まで達する開口部を形成するリセスエッチングが行われる。

【0003】そして、リセスエッチングにより形成され

た開口部内のAlGaAs層上にソース/ドレイン電極から若干離間するようにゲート電極が形成される。これによりゲート電極とAlGaAs層との間に良好なショットキ接合が得られ、また、ゲート電極とソース/ドレイン電極との距離が短いのでゲート電極とソース/ドレイン電極との寄生抵抗が小さい電界効果トランジスタが提供される。

【0004】従って、リセスエッチングにおけるエッチングの良否が、高電子移動度トランジスタ等の電界効果トランジスタの性能に大きく影響する。そして従来は、 SiCl_4 と SF_6 との混合ガスや CCl_2F_2 ガス等をエッチングガスとして用いたドライエッチングにより、上記のようなリセスエッチングを行うのが一般的であった。このようなガスを用いてエッチングを行うと、AlGaAs層表面が露出した際にエッチングガスに含まれるフッ素がAlGaAs層のアルミニウムと反応して AlF_x が生成され、この AlF_x がAlGaAs層に対するエッチングストッパとなるため、AlGaAs層までもがエッチングされるのが防止されていた。したがって、高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができた。

【0005】しかし、近年の微細加工技術の進展により、かかるリセスエッチングにおいても更なる微細加工が要求されている。そして、微細にエッチングするためにはエッチングの異方性を向上させることが必要であり、このためにはエッチングガスのガス圧を低くすることが有効であるため、低圧かつ高効率でエッチングすることができる低圧高密度プラズマを用いたエッチング方法が期待されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、低圧高密度プラズマを用いて上記のようなエッチングを行った場合には、特に1Pa以下のガス圧において、エッチングすべきGaAs層だけでなく、エッチングすべきでないAlGaAs層までもが大きくエッチングされてしまう、即ち、AlGaAs層に対するGaAs層のエッチングの選択性が低くなってしまいうという問題があった。

【0007】本発明の目的は、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、塩素を含むガスとフッ素を含むガスとを含むエッチングガスを用いて化合物半導体層をエッチングする半導体装置の製造方法であって、プラズマ中の電子温度の上昇を抑えるように制御して前記化合物半導体層をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法により達成される。これにより、電子温度の上昇を抑制しながら化合物半導体層をエッチングするので、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができる半

導体装置の製造方法を提供することができる。

【0009】また、上記の半導体装置の製造方法において、パルス変調方式によりプラズマに電力を供給し、電子温度の上昇を抑えるように前記化合物半導体層をエッチングすることが望ましい。また、上記の半導体装置の製造方法において、UHFプラズマ方式によりプラズマに電力を供給し、電子温度の上昇を抑えるように前記化合物半導体層をエッチングすることが望ましい。

【0010】また、上記の半導体装置の製造方法において、エッチングガスの圧力を1Pa以下に設定して前記化合物半導体層をエッチングすることが望ましい。また、上記の半導体装置の製造方法において、前記塩素を含むガスは、 SiCl_4 ガス又は BCl_3 ガスであることが望ましい。また、上記の半導体装置の製造方法において、前記フッ素を含むガスは、 SF_6 ガスであることが望ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】

〔一実施形態〕本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を図1乃至図3を用いて説明する。図1は、ガス圧に対する塩素とフッ素の発光強度及び発光強度比を示すグラフである。図2は、電子温度に対する衝突断面積を示すグラフである。図3は、本実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程図である。

【0012】（エッチング選択性低下の原因）本願発明者は、ガス圧の低下に伴いエッチングの選択性が低下してしまう原因を検討した。図1は、低圧高密度プラズマを用いた際の塩素活性種とフッ素活性種の発光強度、及び塩素活性種の発光強度とフッ素活性種の発光強度との比、即ち発光強度比を示したものである。横軸はエッチングガスのガス圧（対数表示）であり、縦軸は発光強度及び発光強度比である。発光強度及び発光強度比の単位は任意単位である。実線は塩素活性種の発光強度、一点鎖線はフッ素活性種の発光強度、破線は塩素活性種とフッ素活性種との発光強度比を示している。

【0013】塩素活性種とフッ素活性種の発光強度の測定においては、プラズマ発光分光法を用いて測定した。塩素活性種に対する光の波長は約742nm、フッ素活性種に対する光の波長は約704nmであるので、これらの波長の光の発光強度を測定することにより、塩素活性種及びフッ素活性種の発光強度を求めた。塩素活性種とフッ素活性種との発光強度比（塩素活性種の発光強度／フッ素活性種の発光強度）は、上記の塩素活性種とフッ素活性種の発光強度の測定結果に基づいて示したものである。

【0014】図1に示すように、エッチングガスのガス圧が低下するに伴い、塩素活性種及びフッ素活性種の発光強度が急激に増加している。特に、塩素活性種の発光強度の増加がフッ素活性種の発光強度の増加に比べて著しい。そして、塩素活性種とフッ素活性種との発光強度

比もガス圧の低下に伴って増加している。即ち、図1により、塩素活性種とフッ素活性種との生成比がガス圧の低下に伴って増加していると考えられる。

【0015】塩素活性種はGaAs層等の化合物半導体層をエッチングする役割を果たすものであり、これに対し、フッ素活性種はAlGaAs層が露出したときにAlGaAs層のアルミニウムと結合して AlF_x を生成し、AlGaAs層が塩素活性種によりエッチングされないようにエッチングストップの役割を果たすものである。従って、エッチングストップの役割を果たすフッ素活性種の生成量よりも、エッチングする役割を果たす塩素活性種の生成量の方が著しく増加してしまうことに、AlGaAs層がエッチングされてしまう主たる原因があると考えられる。

【0016】このような塩素活性種とフッ素活性種との生成比の著しい変化は、ガス圧低下に伴って電子温度が上昇し、電子温度が上昇することにより電子による活性種生成の反応確率が変化して塩素活性種が相対的に増加するためと推定される。なお、電子温度の上昇は、ガス圧の低下に伴い、電子のプラズマ中における平均自由行程が増加し、他粒子との衝突頻度が減少して、放電維持電源によって発生する電界により電子が自由行程中に加速されるためと考えられる。

【0017】図2は、横軸に電子温度を示し、縦軸に気体分子と電子との衝突断面積（任意単位）を対数表示した概略図である。実線は電子が気体分子に衝突した場合に電子が気体分子に付着する領域、破線は電子が気体分子に衝突した場合に分子中のボンドが振動する領域、一点鎖線は衝突した電子が解離してイオンが生成される領域を示している。図2に示すように、電子温度が上昇するとイオン化が生じやすくなる。

【0018】塩素活性種の生成量がフッ素活性種の生成量に比べてガス圧の減少に伴い著しく増加しているのは、塩素活性種とフッ素活性種とでは電子温度に対する衝突断面積の特性が異なっているためであると考えられる。従って、電子温度の上昇を抑えつつプラズマエッチングを行えば、ガス圧を低くしても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができると考えられる。

【0019】電子温度の上昇を抑えつつプラズマエッチングを行う方法としては、例えば、パルス変調プラズマを適用することが考えられる。パルス変調プラズマについては、例えば、日本応用物理学会学会誌「応用物理」、66(6)(1997)、寒川、パルス変調プラズマ、p.550-558に記載されている。パルス変調プラズマは、プラズマに与える放電維持のための電力を間欠的にすることにより、電力供給停止時間中の電離気体分子衝突による緩和過程を強調し、電子の非弾性衝突によるエネルギー移行（電子の側から考えた場合にはエネルギー損失）により電子温度を低下させるプラズマ制御方法である。即ち、パルス変調プラズマによれば、プラズマ放電を維持

するための電力をアンテナに間欠的に印加するので、印加電力が間欠的にオフとなったときに電子温度が低下し、これによりアンテナに連続的に電力を加えた場合と比較して電子温度を低く抑えることができる。

【0020】(エッチング方法) 次に、本実施形態による半導体装置の製造方法を図3を用いて説明する。まず、図3(a)に示すように、低圧高密度プラズマエッチング装置として例えば誘導結合型プラズマエッチング装置10を用い、エッチング室12内に所定のエッチングマスク等が形成された化合物半導体基板16を搬入し、エッチング室12内のホルダ14上に化合物半導体基板16を載置する。

【0021】次に、図3(b)に示すように、エッチング室12内の空気を排気する。次に、図3(c)に示すように、例えば SiCl_4 (4塩化珪素)ガス、 SF_6 (6フッ化硫黄)ガスを、例えば流量比1:4でエッチング室12に導入し、エッチング室12内の排気速度を調節して、例えばガス圧を0.1Paに調節する。この後、プラズマ励起用電源をパルス電源により変調し、例えば電力供給時間100 μs 、電力供給停止時間20 μs にパルス変調された放電励起用電力をアンテナ18に供給して放電を発生させ、所定の時間エッチングを行う。

【0022】このように、本実施形態によれば、パルス変調プラズマを用いて電子温度の上昇を抑制しながら化合物半導体層をエッチングするので、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができる半導体装置の製造方法を提供することができる。

(他のエッチング方法) また、パルス変調プラズマによるエッチング方法ではなく、例えば、UHFプラズマ等を適用してもよい。UHFプラズマに関する技術は、例えば、Applied Physics Letter、69[8](1996-8-19)、American Institute of Physics(米)、Effects of electron temperature in high-density Cl_2 plasma for precise etching process、p.1056-1058に記載されている。UHFプラズマは、衝突過程の特定の衝突周波数に同期、あるいは不要な衝突過程を制御するような周波数の高周波電力でプラズマを励起することにより電子温度を制御するプラズマ制御方法である。UHFプラズマによれば、電子温度を低下させることができ、プラズマ中に発生する活性種の生成量を制御することができるので、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層

をエッチングすることができる半導体装置の製造方法を提供することができる。

【0023】[変形実施形態] 本発明は上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、誘導結合型プラズマ生成方式によりプラズマを生成することを例に説明したが、プラズマを生成する方式は誘導結合型プラズマ生成方式に限定されるものではなく、例えば電子サイクロトロン共鳴プラズマ、ヘリコンプラズマ等の方式によりプラズマを生成してもよい。

【0024】また、平行平板型リアクティブイオンエッチング装置によるプラズマエッチングにも、上記のような半導体装置の製造方法を適用することができる。また、上記実施形態では、塩素を含むエッチングガスとして SiCl_4 ガスを用いたが、 SiCl_4 ガスに限定されるものではなく、例えば塩素を含むガスであればよく、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス(3塩化ホウ素)等を用いてもよい。

【0025】また、上記実施形態では、フッ素を含むエッチングガスとして SF_6 ガスを用いたが、フッ素を含むガスであれば CF_4 ガス等の他のガスを用いてもよい。また、上記実施形態では、ガス圧1Pa以下を例に説明したが、本発明は電子温度の上昇を抑えつつエッチングする技術であるのでガス圧1Pa以上の場合にも適用することができる。

【0026】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、電子温度の上昇を抑制しながら化合物半導体層をエッチングするので、低いガス圧であっても高い選択性で化合物半導体層をエッチングすることができる半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ガス圧に対する塩素とフッ素の発光強度及び発光強度比を示すグラフである。

【図2】電子温度に対する衝突断面積を示すグラフである。

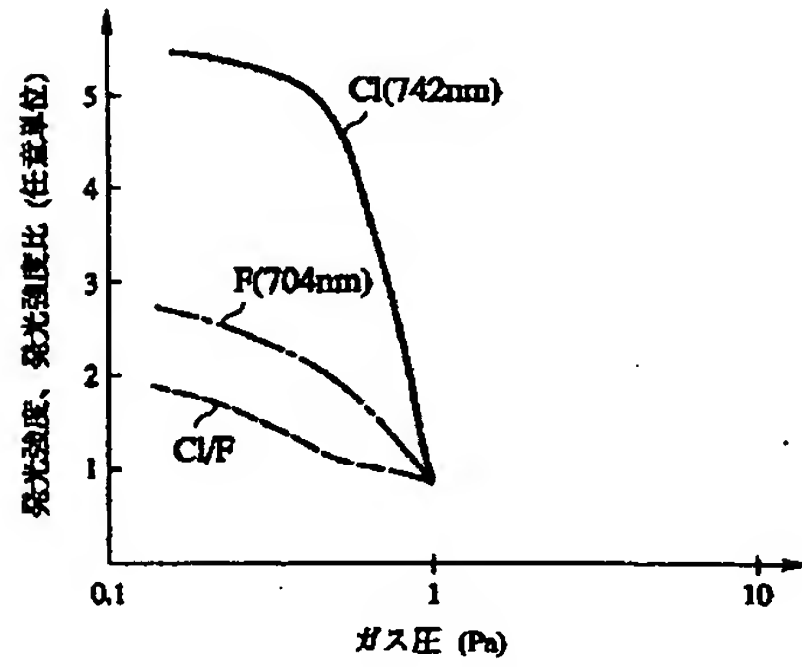
【図3】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程図である。

【符号の説明】

- 10…誘導結合型プラズマエッチング装置
- 12…エッチング室
- 14…ホルダ
- 16…化合物半導体基板
- 18…アンテナ

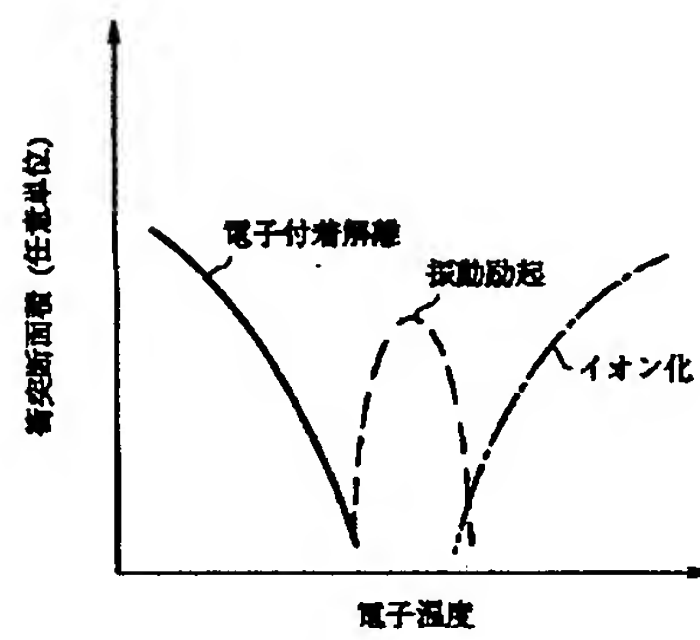
【図1】

ガス圧に対する塩素とフッ素の発光強度及び
発光強度比を示すグラフ



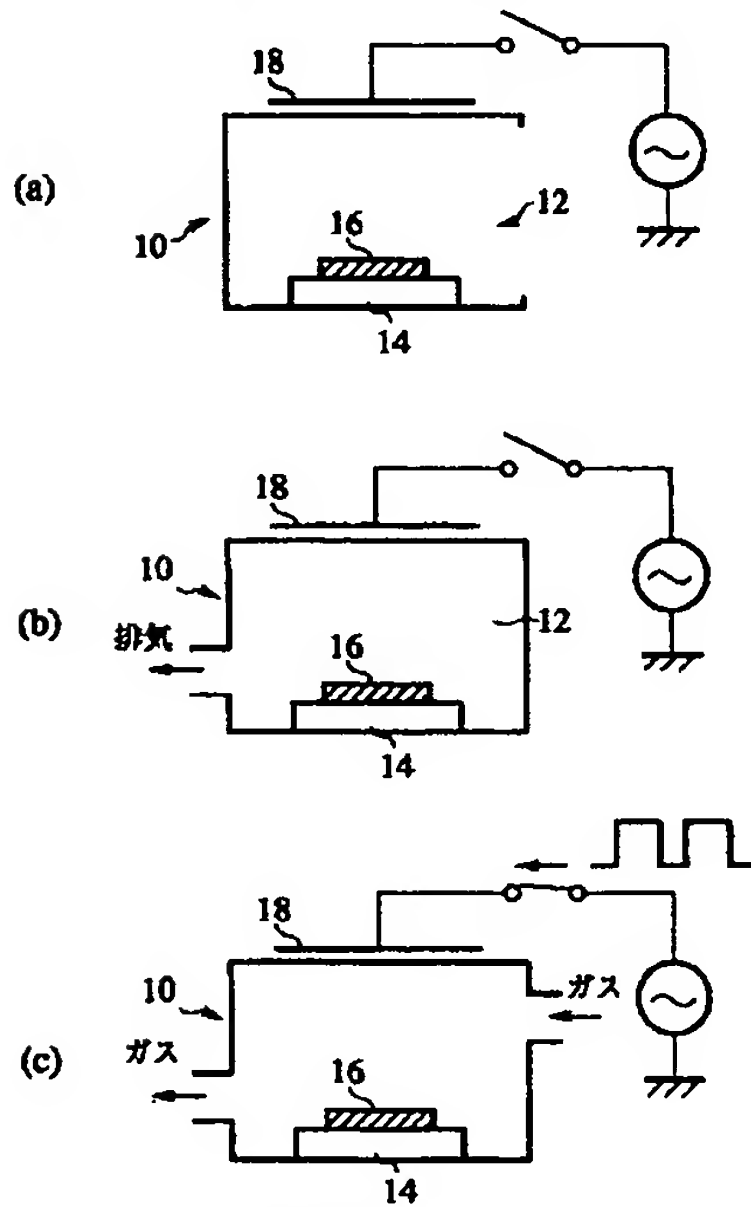
【図2】

電子温度に対する衝突断面積を示すグラフ



【図3】

本発明の一実施形態による半導体装置の
製造方法を示す工程図



10…誘導結合型プラズマエッチング装置
12…エッチング室
14…ホルダ
16…化合物半導体基板
18…アンテナ